



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 34 072 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 02 D 41/14**

②① Aktenzeichen: 197 34 072.5  
②② Anmeldetag: 6. 8. 97  
④③ Offenlegungstag: 11. 2. 99

**DE 197 34 072 A 1**

⑦① Anmelder:  
Bartels Mangold Electronic GmbH, 82467  
Garmisch-Partenkirchen, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Weber & Heim Patentanwälte, 81479 München

⑦② Erfinder:  
Bartels, Oliver, 85435 Erding, DE  
  
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 1 95 45 714 A1  
DE 90 14 176 U1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Lambda-Regelung für Einspritzanlagen mit adaptivem Filter**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Lambda-Regelung für Einspritzanlagen. Erfindungsgemäß wird ein geeignet abgestimmter adaptiver Filter verwendet, um die ansonsten vorhandenen Regelschwingungen, die durch die steile Kennlinie der Lambda-Sonde und die Totzeiten verursacht werden, zu unterdrücken.

**DE 197 34 072 A 1**

Einspritzanlagen für Verbrennungsmotoren in verschiedensten Ausführungen sind seit Jahrzehnten Stand der Technik. Den noch sind stets weitere Verbesserungen der technischen Daten wünschenswert.

Im vorliegenden Fall stellte sich das Problem, die Regelschwingungen der Lambda-Regelung zu minimieren, die sich ergeben, weil die Lambda-Sonde im Bereich des sogenannten Lambda-Fensters um Lambda Eins eine besonders steile Kennlinie aufweist und zudem, bedingt durch die Gaslaufzeit im Motor, die Sonde erst mit erheblicher Verzögerung auf Änderungen des Benzin/Luft-Gemisches reagiert (sogenannte Totzeit).

Insbesondere bei der Nachrüstung von Lambda-Regelungen für Altfahrzeuge, aber auch bei Neufahrzeugen, entsteht zusätzlich das Problem, daß die Lambda-Sonde konstruktionsbedingt relativ weit vom Motor entfernt installiert wird und sich hierdurch die Totzeit ebenfalls weiter vergrößert.

Der richtige Lambda-Wert ist jedoch Voraussetzung für einen hohen Wirkungsgrad des Katalysators. Bisherige Regelungen benötigen daher unnötig große Katalysatoren, weil die Regelschwingungen durch eine Speicherung des Restsauerstoffs in der katalytisch wirksamen Beschichtung ausgeglichen werden müssen. Daneben verursachen die Schwankungen eine unnötig hohe Nachverbrennung im Katalysator, was wiederum dem Wirkungsgrad und damit dem Benzinverbrauch des Motors abträglich ist.

Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine möglichst präzise Regelung auf ein Lambda Eins Gemisch zu erreichen und trotzdem die Regelschwingungen weitgehend zu unterdrücken.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit einer Regelung mit den in dem Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst, deren Funktion anhand des in Zeichnung 1 gegebenen Ausführungsbeispiels im folgenden beschrieben wird: Das Lambda Signal der Sonde wird trotz der hohen Steilheit der Kennlinien analog ausgewertet, d. h. es wird versucht, die Sonde auf konstant Lambda Eins bei z. B. 0,5 V Spannung an der Sonde einzuregeln.

Das Sondensignal der Lambda-Sonde LS wird daher zunächst mit dem Verstärker V verstärkt und dann einem adaptiven Filter FI zugeführt. Dieser Filter kann beliebig auf ein unterschiedliches Durchlaßverhalten für unterschiedliche Frequenzen programmiert werden. Daneben wird das Signal einem Analysator AN zugeführt. Alternativ kann der Analysator auch mit der Stellgröße oder mit beiden Signalen versorgt werden (in der Zeichnung gestrichelt).

Der Analysator hat nun die Aufgabe, Frequenzen störender Regelschwingungen zu erkennen. Zumeist ist es sinnvoll, diese Aufgabe mittels schneller Fouriertransformation (FFT) oder Korrelation zu lösen, theoretisch kommt aber auch eine feste Filterbank hierfür in Frage. Bei der Korrelation bietet sich entweder eine Autokorrelation oder Kreuzkorrelation mit der Stellgröße an.

Der Analysator erkennt nun jene Frequenzen, aus denen die störende Regelschwingung besteht. Die Information über die störenden Frequenzen oder Frequenzbänder wird nun für den jeweiligen Betriebs- und Lastzustand des Motors MO über eine Recheneinheit RE gemittelt und im Speicher SP abgespeichert.

Der jeweilige Betriebszustand wird über Sensoren (z. B. Luftmenge) oder Vorgaben (z. B. Pedalwertgeber) ermittelt und dann der Recheneinheit RE, Auswahleinheit AE und Einspritzsteuerung ES zur Verfügung gestellt.

Eine Auswahleinheit AE liest nun abhängig vom Betriebs- und Lastzustand des Motors diese Frequenzinformation aus dem Speicher SP aus und stellt den adaptiven Filter

jeweils so ein, daß genau diese störenden Frequenzen unterdrückt werden.

Das Lambda-Signal wird hiernach durch den adaptiven Filter geleitet und zum Proportional/Integral (PI) bzw. Proportional/Integral/Differential-Regler (PID) RG geführt, dessen Ausgangssignal dann über die Einspritzsteuerung ES die genaue Kraftstoffmenge für den Motor MO einregelt. Bei besonders geschicktem Aufbau des adaptiven Filters kann die PI- bzw. PID-Regelfunktion auch direkt vom Filter übernommen werden, da ein Tiefpaß einer Integration entspricht.

Hierdurch wird eine präzise Regelung ohne Regelschwingungen gewährleistet.

Besonders vorteilhaft ist die Realisierung aller Rechen- und Filterfunktionen dieser Regelung, also insbesondere des adaptiven Filters, Analysators, der Recheneinheit und des Speichers sowie der Auswahleinheit mit Hilfe eines digitalen Signalprozessors (DSP). Das Lambda-Signal wird dann mittels eines A/D-Wandlers digitalisiert und das Regelsystem in Software realisiert. Heutige Signalprozessoren sind leistungsfähig genug, um alle beschriebenen Funktionen mit einem Prozessor bearbeiten zu können. Hierdurch reduziert sich der Bauteileaufwand auf ein Minimum.

Daneben kann bei Verwendung eines DSP's dieser die Signale mit Hilfe komplexer Zahlen berechnen und so z. B. Phasenverschiebungen des zu filternden Lambda-Signals durch den adaptiven Filter realisieren (zeitlicher Versatz). Zudem eignet sich ein DSP besonders gut, um sogenannte FIR (Finite Impulse Response) Filter zu realisieren, welche in sich stabil sind. Ebenso sind die FFT und Korrelationen ebenfalls klassische Aufgaben eines DSP's, genauso wie dieser z. B. die Klopfregelung mit übernehmen kann.

Weitere Ausführungen könnten eine Korrelation des Lambda-Signals mit der zylinderspezifischen Einspritzmenge und so eine zylinderspezifische Regelung sein. Hierzu wird mittels Computer eine optimale Verteilung der erforderlichen Gesamt-Kraftstoffmenge auf die einzelnen Zylinder unter Verwendung eigener adaptiver Filter bzw. Analysatoren je Zylinder vorgenommen. Auch dies wird vorteilhafterweise in Software realisiert.

Als Optimierung käme z. B. die Verwendung einer Kreuzkorrelations-Matrix der einzelnen Stell- und Regelgrößen und Pseudo-Invertierung der selbigen in Frage. Dieses Verfahren könnte auch für die Verknüpfung der Filterkonstanten verschiedener Lastzustände für einen weiteren Lastzustand verwendet werden, für den diese Filterkonstanten noch nicht ermittelt wurden oder aus Platzgründen nicht ermittelt werden sollen.

#### Patentansprüche

1. Lambda-Regelung für Verbrennungsmotoren, **dadurch gekennzeichnet**, daß (1) mindestens eine Lambda-Sonde ein Lambda-Signal über einen Signal- und Verstärkerpfad an mindestens ein adaptives Filter weiterleitet, daß (2) dieses adaptive Filter Regelschwingungen dadurch unterdrückt, indem die fraglichen Frequenzen oder Frequenzbänder eliminiert oder phasenverschoben werden, daß (3) das gefilterte Signal an einen Regler oder direkt ein Stellglied, insbesondere eine Einspritzsteuerung, weitergeleitet wird, welcher die Gemischzusammensetzung oder Menge beeinflusst, daß (4) das Lambda-Signal oder die Stellgröße an einen Analysator geleitet wird, welcher die Frequenzen störender Regelschwingungen im Ansatz erkennt, daß (5) der Analysator die Information über diese Frequenzen an eine Recheneinheit weitergibt, daß (6) die Recheneinheit die Filterkonstanten des adaptiven Filters

so einstellt, daß die Frequenzen der Regelschwingungen aus der Regelschleife herausgefiltert werden.

2. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinheit Sätze von Filterkonstanten, die zu einem bestimmten Last- oder Betriebszustand des Motors gehören, in einem Speicher ablegt und bei Bedarf, insbesondere bei erneutem Eintreten dieses Last- oder Betriebszustandes, aus diesem Speicher abrufen und sofort ohne erneute Ermittlung durch den Analysator an den Motor weitergibt. 5 10

3. Lambda-Regelung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Recheneinheit die Informationen des Analysators ausmittelt, sowohl in zeitlicher Hinsicht wie auch für unterschiedliche Last- und Betriebszustände des Motors. 15

4. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verwendung mehrerer adaptiver Filter und Analysatoren und Zusammenfassung der Ergebnisse in der Recheneinheit, insbesondere durch Summierung und anschließender Rück-Aufteilung durch statistische Verfahren, hier insbesondere Korrelation, eine selektive Regelung je Zylinder oder Brennkammer vorgenommen werden kann. 20

5. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch geeignete Wahl der Filterkonstanten durch die Recheneinheit, insbesondere Ausbildung einer Tiefpaßcharakteristik, die zur Regelung notwendige Integration bzw. Differenzierung im adaptiven Filter selber vorgenommen wird und somit eine eigene Reglereinheit mit Integrator entfallen kann. 25 30

6. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als adaptives Filter ein FIR (Finite Impulse Response) Filter Verwendung findet.

7. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Analyse des Lambda-Signals im Analysator dieser eine Fouriertransformation, insbesondere FFT (Fast Fourier Transform) durchführt. 35

8. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Analyse des Lambda-Signals im Analysator dieser eine Korrelation, insbesondere Kreuzkorrelation mit der Stellgröße durchführt. 40

9. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Filter und Analysatoren mit Signalfaden arbeiten, die die Verarbeitung komplexer Zahlen und somit auch Phasenverschiebungen der Signale ermöglichen. 45

10. Lambda-Regelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß alle oder wesentliche Teile der Regelung durch Software in einem Digitalcomputer, insbesondere Mikrocomputer oder digitalem Signalprozessor realisiert werden. 50

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

55

60

65

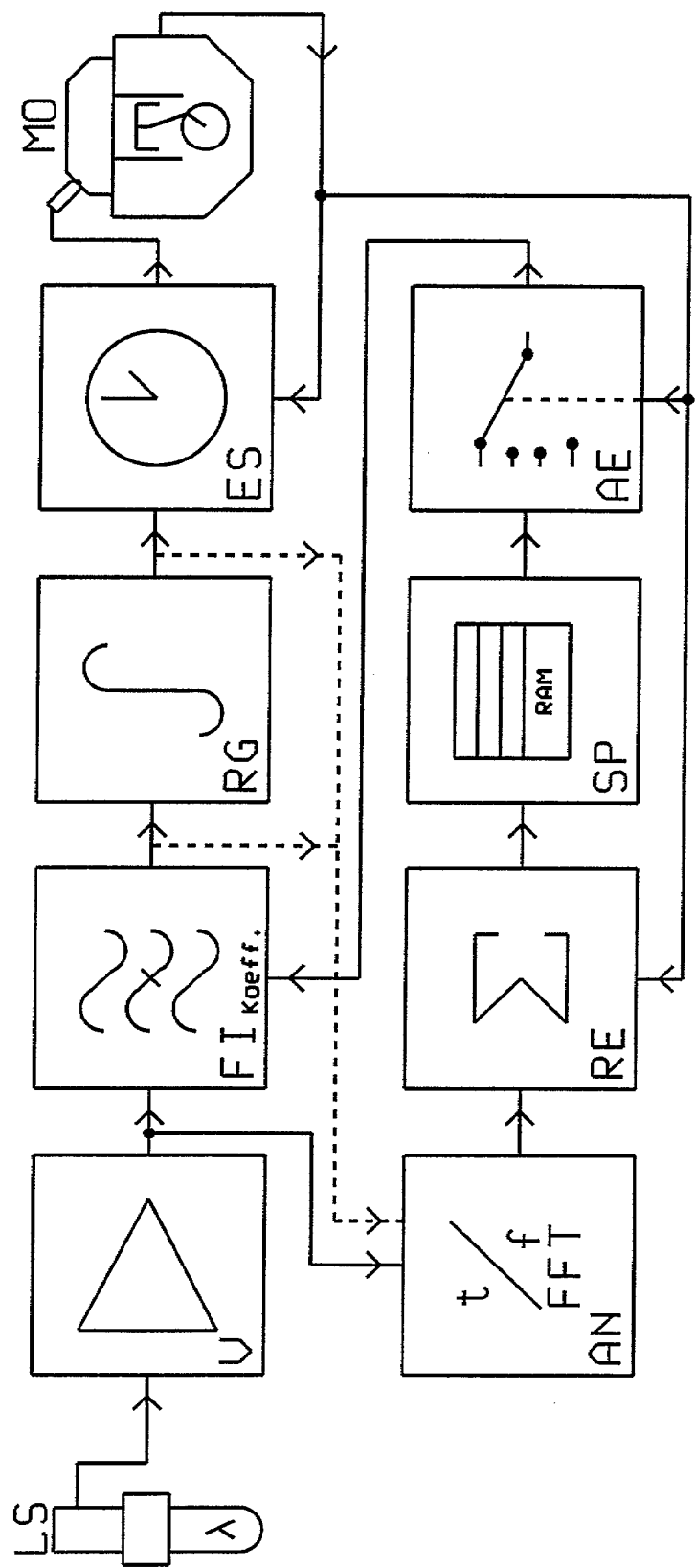


FIG. 1